

Imię

Data

Nazwisko

Kierunek studiów

Badanie zjawiska osmozy

Masa sacharozy.....g

Tabela 1: Pomiar ciśnienia

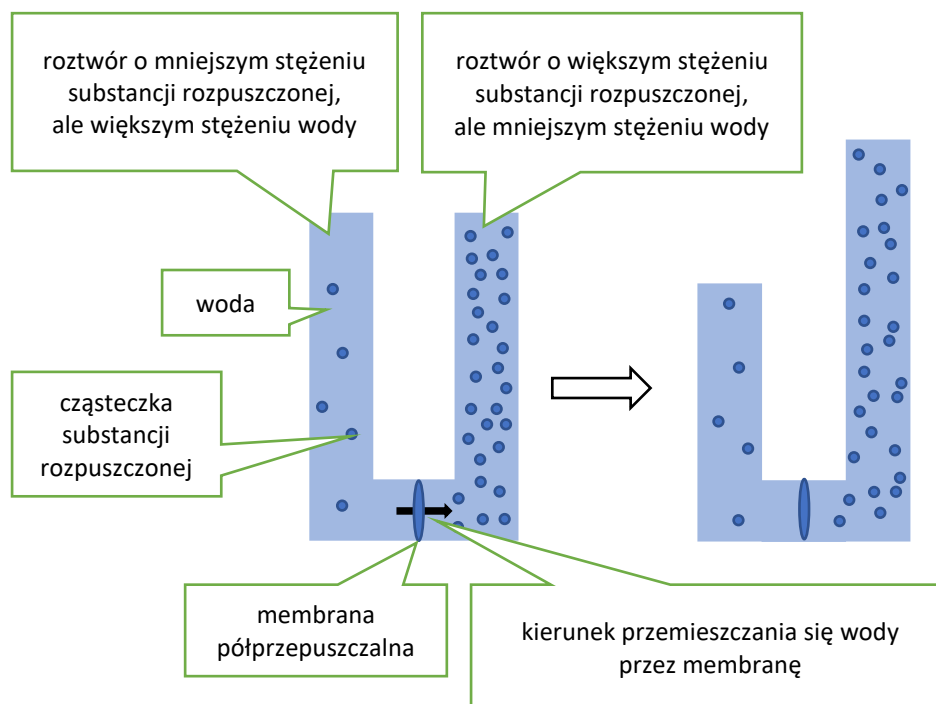
Czas t (min)	p_{wody} (kPa)	$p_{\text{sacharozy}}$ (kPa)	Δp (kPa)	Czas t (min)	p_{wody} (kPa)	$p_{\text{sacharozy}}$ (kPa)	Δp (kPa)

Tabela 2.

Substancja	Ciśnienie początkowe (kPa)	Ciśnienie końcowe (kPa)	Zmiana ciśnienia (kPa)	Współczynnik nachylenia prostej (kPa/hr)
Woda detylowana				
2.0 M roztwór sacharozy				
Różnica ciśnień Δp				

Wstęp teoretyczny

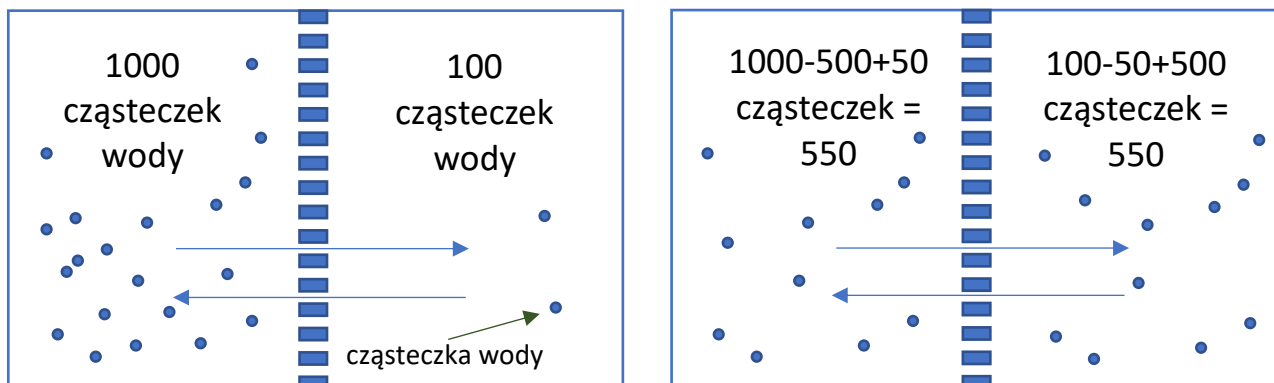
Kiedy dwa roztwory wodne o różnym stężeniu zostaną połączone membraną, która przepuszcza cząsteczki wody, ale nie przepuszcza cząsteczek substancji rozpuszczonej, zachodzi zjawisko osmozy, czyli dyfuzji wody (Rys. 1). Dyfuzja jest zjawiskiem przepływu jakiejś substancji z roztworu o większym stężeniu tej substancji, do roztworu o mniejszym stężeniu. Mówimy, że dyfuzja zachodzi zgodnie z gradientem stężeń. W wyniku dyfuzji różnica stężeń zmniejsza się, aż do ostatecznego wyrównania się stężeń. Dyfuzja jest procesem spontanicznym i nieodwracalnym. Spontanicznym, bo zachodzi samorzutnie, bez jakiegokolwiek udziału sił zewnętrznych, spoza roztworów. Nieodwracalnym, bo kierunek przepływu jest zawsze zgodny z gradientem stężeń i roztwór nigdy samorzutnie nie rozdzieli się na dwa roztwory o różnym stężeniu. Kiedy dyfuzja dotyczy rozpuszczalnika, np. wody, nazywa się osmozą. Pamiętajmy, że kiedy mówimy o stężeniu roztworu, mamy na myśli stężenie substancji rozpuszczonej w wodzie. W roztworze o dużym stężeniu, stężenie wody będzie mniejsze, niż w roztworze o małym stężeniu. Na Rys. 1 stężenie wody jest większe w lewym cylindrze, mniejsze w prawym cylindrze, zaobserwujemy więc przepływ wody do prawego cylindra. W wyniku osmozy zmniejszy się objętość roztworu po lewej stronie membrany, a wzrośnie objętość roztworu po prawej stronie. Jednocześnie stężenie roztworu w lewym cylindrze wzrośnie, a w prawym zmaleje.



Rys. 1

Przyczyną dyfuzji (i osmozy) jest chaotyczny ruch wszystkich cząsteczek w roztworze. Ponieważ po lewej stronie membrany jest więcej cząsteczek wody niż po prawej, to statystycznie rzecz biorąc więcej cząsteczek wody przemieści się z lewej strony na prawą, niż z prawej na lewą. Aby to zrozumieć, proszę sobie wyobrazić, że po lewej stronie membrany mamy 1000 cząsteczek wody, a po prawej 100 cząsteczek wody (Rys. 2). Każda cząsteczka może wykonać ruch w prawo lub w lewo z jednakowym prawdopodobieństwem (tak jak np. rzut monetą daje jednakowe prawdopodobieństwo, że wypadnie orzeł lub reszka). Zatem najbardziej prawdopodobne jest, że z 1000 cząsteczek po lewej stronie,

połowa, czyli 500 wykona ruch w prawo i przejdzie przez membranę. Ze 100 cząsteczek po prawej stronie połowa, czyli 50 wykona ruch w lewo i przejdzie przez membranę. Po lewej stronie ubędzie 500 cząsteczek i przybędzie 50 cząsteczek. Po prawej stronie ubędzie 50 cząsteczek i przybędzie 500. Okazuje się że uzyskaliśmy netto przepływ 450 cząsteczek z lewej strony na prawą, a liczba cząsteczek po obu stronach zrobiła się równa. Powiedzielibyśmy, że stężenie wody po obu stronach membrany się wyrównało.



Rys. 2

W rzeczywistych roztworach mamy do czynienia z ogromną liczbą cząsteczek, a każda cząsteczka może poruszać się w dowolnym kierunku.

Aby opisać matematycznie zjawisko osmozy wprowadzimy pojęcie ciśnienia osmotycznego. Ciśnienie osmotyczne jest równe ciśnieniu, jakim należałoby podzielać na roztwór, aby powstrzymać przepływ wody przez membranę. Jeśliby nasze roztwory wodne z Rys.1 były w cylindrach opatrzonych ruchomymi tłokami, to naciskając tłok po stronie prawej moglibyśmy powstrzymać przepływ wody. Ciśnienie wywierane przez tłok na powierzchnię roztworu w tym cylindrze byłoby równe ciśnieniu osmotycznemu wytworzonemu przez różnicę stężeń wody po obu stronach membrany. Ciśnienie osmotyczne można opisać równaniem van't Hoffa :

$$\pi = (C_1 - C_2)RT$$

π – ciśnienie osmotyczne [$\text{Pa} = \text{N/m}^2$]

C_1, C_2 – stężenia molowe substancji rozpuszczonej po obu stronach membrany [mol/l]

R – stała gazowa ($= 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$)

T – temperatura bezwzględna roztworu [K]

Kiedy po jednej stronie jest czysta woda, równanie van't Hoffa będzie mieć postać:

$$\pi = CRT$$

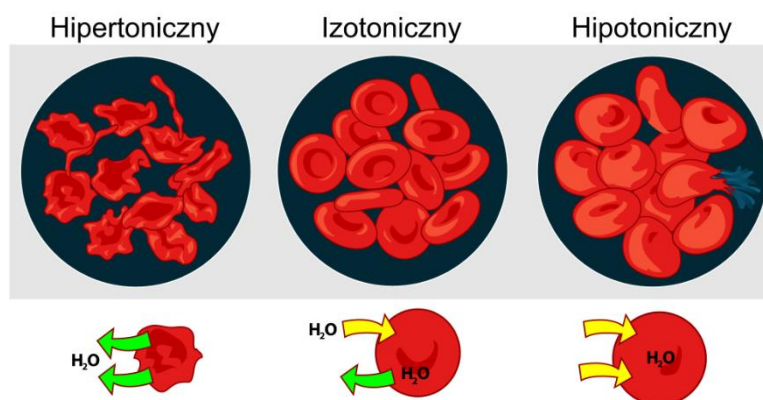
C – stężenie molowe substancji rozpuszczonej [mol/l].

Równanie van't Hoffa ma poważne ograniczenie - można go stosować tylko dla bardzo rozcieńczonych roztworów, dlatego ciśnień osmotycznych zazwyczaj nie oblicza się. W praktyce stosuje się przyrząd pomiarowy nazywany osmometrem. Osmometry mierzą osmolarność, czyli stężenie substancji rozpuszczonych w wodzie, wyrażone jako liczba moli substancji czynnych osmotycznie rozpuszczonych w 1 litrze wody. Jednostką osmolarności jest Osm.

Osmoza odgrywa duże znaczenie w fizjologii organizmów żywych. Woda jest niezbędna do prawidłowego funkcjonowania komórek. Błona komórkowa jest przepuszczalna dla wody, ale nieprzepuszczalna dla większości składników cytoplazmy. Woda może więc swobodnie wpływać do komórki powodując jej pęcznienie, lub wypływać, powodując obkurczenie się komórki. Roztwór zewnątrzkomórkowy może być w stosunku do roztworu wewnątrzkomórkowego:

- izotoniczny – ma to samo ciśnienie osmotyczne
- hipotoniczny – ma wyższe ciśnienie osmotyczne
- hipertoniczny – ma niższe ciśnienie osmotyczne.

W komórka umieszczona w roztworze hipotonicznym będzie pęcznieć, a w roztworze hipertonicznym będzie się kurczyć (Rys. 3).



Rys. 3 źródło: Wikipedia

Wykonanie pomiarów

Doświadczenie polega na pomiarze ciśnienia powietrza w dwóch cylindrach oddzielonych półprzepuszczalną membraną. Jeden cylinder zawiera wodę destylowaną, drugi 2 M roztwór sacharozy. W wyniku osmozy w obydwu cylindrach nastąpi zmiana objętości cieczy oraz zmiana ciśnienia powietrza.

1. Włącz zasilanie stołu (patrz deska rozdzielcza stołu – przy Twojej lewej nodze, gdy siedzisz na wprost komputera) – przekręć czerwoną „gałkę” w kierunku strzałek (powinna wyskoczyć), przekręć kluczyk jak w samochodzie i puść.
2. Włącz w następującej kolejności: (1) PASCO universal interface, a następnie (2) komputer
3. Podłącz czujnik ciśnienia Dual Pressure Sensor do interfejsu (rys.4)



4. Uruchom na komputerze aplikację Ex



5. W oknie aplikacji w lewym dolnym rogu zmień czas próbkowania danych na 2 minuty.

6. Przygotuj 40 ml 2 M roztworu sacharozy

Składnik roztworu występujący w największej ilości nazywany jest rozpuszczalnikiem. Każda substancja chemiczna zmieszana z rozpuszczalnikiem nazywana jest substancją rozpuszczoną i może być zarówno gazem, cieczą, jak i ciałem stałym.

Molarność czyli stężenie molowe roztworu (C), definiowane jest jako liczba moli (n) substancji rozpuszczonej w litrze (L) roztworu (nie w litrze rozpuszczalnika!):

$$C = \frac{n}{V}$$

gdzie:

C – stężenie molowe roztworu

n – liczba moli substancji rozpuszczonej

V - objętość roztworu w L

Molarność wyrażana jest w jednostce $\frac{\text{mol}}{L}$, która może być skrócona do M (czytane jako "molowy"). Stężenie molowe substancji można zapisać, jako jej wzór chemiczny w kwadratowych nawiasach np. $[C_{12}H_{22}O_{11}]$. Stężenie molowe pozwala nam przeliczać objętość roztworu na liczbę moli (lub masę) substancji rozpuszczonej.

Mol jest to jednostka SI ilości substancji. Jeden mol zawiera dokładnie $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ obiektów elementarnych. Liczba ta jest ustaloną wartością liczbową stałej *Avogadra* N_A wyrażonej w jednostce mol^{-1} i jest nazywana liczbą Avogadra.

Ilość substancji, symbol n , układu jest miarą liczby obiektów elementarnych danego rodzaju. Obiektem elementarnym może być atom, cząsteczka, jon, elektron, każda inna cząstka lub danego rodzaju grupa cząstek. Masa 1 mola substancji nazywana jest masą cząsteczkową (μ). Liczbę moli (n) w masie (m) można obliczyć z równania:

$$n = \frac{m}{\mu}$$

Aby przygotować 40 ml roztworu sacharozy o stężeniu 2 M (2 mol/l), musimy zważyć odpowiednią ilość sacharozy. Masa cząsteczkowa μ sacharozy wynosi 342 g/mol. Możemy obliczyć masę sacharozy (m) z równania:

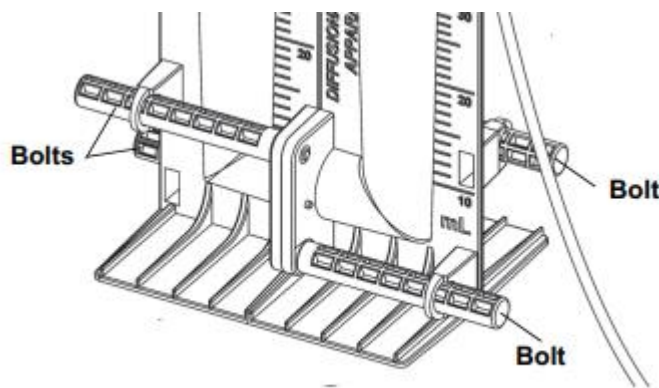
$$C = \frac{m}{\mu V}$$

Pamiętaj, aby przed obliczeniami przeliczyć jednostkę objętości (V) z "mililitra" na "litr". Użyj wagi elektronicznej, aby zważyć sacharozę i przygotować roztwór w zlewce. Sacharoza musi być całkowicie rozpuszczona w wodzie.

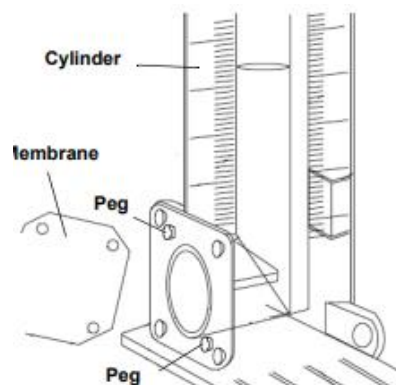
7. Przygotuj aparat do badania osmozy i kliknij przycisk START (w aplikacji), aby rozpocząć monitorowanie danych

Nie dotykaj półprzepuszczalnej membrany dłońmi. Użyj pincety!

- Odkręć cztery niebieskie śruby i oddziel dwa cylindry aparatu osmotycznego.



- Półprzepuszczalna membrana jest przechowywana w wodzie destylowanej na szalce Petriego. Wyjmij ją ostrożnie pincetą i ustaw dwa z czterech otworów narożnych w membranie na dwóch wystających kołkach na jednym z cylindrów.



- Ostrożnie umieść drugi cylinder przy membranie, tak aby dwa wystające kołki na drugim cylindrze weszły do dwóch otworów membrany. Sprawdź, czy:
 - membrana jest właściwie umieszczona między dwoma pierścieniami uszczelniającymi o okrągłym przekroju, nie jest pofałdowana i całkowicie zasłania okrągły otwór.
 - wszystkie cztery wystające kołki są umieszczone w otworach membrany.
 - Górne części cylindrów są dobrze dopasowane do siebie.
- Ostrożnie wkręć cztery śruby. Oba cylindry powinny być ściśle przymocowane do siebie, z membraną oddzielającą przestrzeń między dwoma cylindrami.
- Oznacz cylindry aparatu jako #1 i #2. Napełnij cylinder #1 40 ml wody destylowanej. Napełnij cylinder #2 40 ml roztworu sacharozy. Przechyl aparat, aby usunąć pęcherzyki powietrza z membrany.
- Umieść niebieską nasadkę na pierwszym cylindrze, dociśnij ją i obróć pokrywę, aby uszczelnić cylinder. Uszczelnij drugi cylinder drugą pokrywą.
- Przymocuj czujnik ciśnienia #1 do cylindra #1 i podłącz czujnik ciśnienia #2 do cylindra #2.
- Rozpocznij rejestrowanie danych (kliknij zielone kółko u dołu okna SPARKvue). Pozwól, aby proces osmozy zachodził w aparacie bez zakłóceń przez 1 godzinę. Odczytuj i zapisuj w tabeli pomiarowej (tabela 1.) wartości ciśnienia wody i sacharozy co 2 minuty.
- Po 1 godzinie zatrzymaj rejestrowanie danych (kliknij czerwony kwadrat u dołu okna SPARKvue). Zdejmij nasadki, opróżnij cylindry i ostrożnie zdemontuj aparat. Przepłukaj membranę w wodzie destylowanej i włóż z powrotem do płytki Petriego. Przepłucz cylindry i zlewkę w wodzie destylowanej.

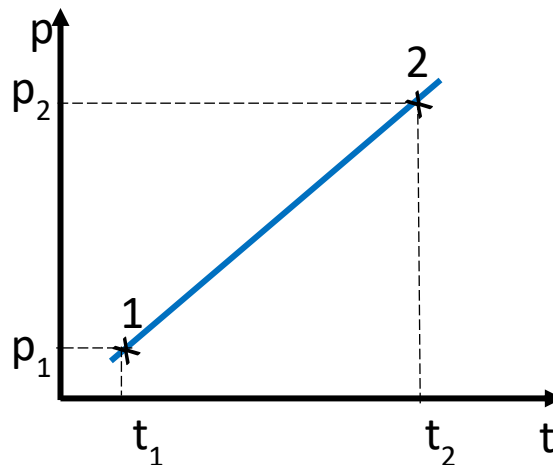
Wykonanie obliczeń i analiza danych

- Oblicz różnicę ciśnień (Δp) i zapisz w tabeli 1.
- Narysuj trzy wykresy przedstawiające szybkość zmiany ciśnienia:
 - $P_{\text{wody}} = f(t)$,
 - $P_{\text{sacharozy}} = f(t)$,
 - $\Delta p = f(t)$.
- Dopasuj linię prostą $y = ax + b$ do punktów pomiarowych na wykresach. Oblicz współczynnik nachylenia dla każdej prostej.

Sposób 1.

Na wykresie nanosimy wszystkie punkty pomiarowe zapisane w tabeli 1. Do punktów dopasowujemy prostą $y = ax + b$. Na dopasowanej prostej wyznaczamy dwa punkty leżące na prostej nie będące punktami pomiarowymi (leżące jak najbliżej początku i końca linii prostej). Z osi x i y odczytujemy współrzędne wybranych punktów ($t_1, p_1; t_2, p_2$). Obliczamy nachylenie prostej a ze wzoru:

$$a = \frac{p_2 - p_1}{t_2 - t_1}$$



Sposób 2

W arkuszu kalkulacyjnym Excel, w pierwszej kolumnie, wpisz czas (t), w drugiej – ciśnienie (p). Zaznacz komórki z liczbami. W menu wybierz opcję Wstaw wykres. Wybierz wykres punktowy bez linii i zamknij okno wyboru wykresu przyciskiem Zakończ. Kliknij prawym przyciskiem myszy dowolny punkt pomiarowy na wykresie i wybierz polecenie *Dodaj linię trendu*. Wybierz pozycję *Typ liniowy*, a następnie w *Opcjach* wybierz pozycję *Wyświetl równanie na wykresie*. Zamykamy okno przyciskiem OK. Na wykresie pojawi się funkcja w postaci $y = ax + b$. Zapisujemy wartość a , która jest nachyleniem prostej.

Dyskusja wyników

1. Ile wynosi wartość zmiany ciśnienia Δp w obu cylindrach?
2. Czy zmiana ciśnienia Δp jest równoważna po obu stronach aparatu? Innymi słowy, czy wartość zmiany ciśnienia Δp w cylindrze #1 ma taką samą wartość jak wartość Δp w cylindrze #2?
3. Porównaj wartości nachylenia prostej a dla wody destylowanej i roztworu sacharozy. Wykorzystaj swoje obserwacje, aby wyjaśnić związek między stężeniem roztworu a szybkością osmozy.
4. Porównaj aparat osmotyczny z komórką organizmu żywego. Jakim strukturom lub przedziałom komórkowym odpowiadają elementy budowy aparatu?